

# 9 IRRIGAÇÃO

*Waldir A. Marouelli*

*José Francismar de Medeiros*

*Washington Luiz de Carvalho e Silva*

*José Maria Pinto*

## INTRODUÇÃO

A irrigação, quando realizada adequadamente, é a prática agrícola que mais favorece o desenvolvimento e a produtividade do meloeiro. Assim, a escolha correta do sistema de irrigação e o suprimento de água às plantas no momento oportuno e na quantidade correta são decisivos para o sucesso da cultura.

Entre os principais problemas relacionados com a utilização de sistemas de irrigação não apropriados e com o manejo inadequado da irrigação destacam-se: menor eficiência no uso de água, de energia e de nutrientes, maior incidência de doenças fúngicas e bacterianas, baixa produtividade e pior qualidade de frutos.

## SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A escolha do sistema de irrigação deve basear-se na análise criteriosa dos seguintes fatores: tipo de solo, topografia, clima, custo do equipamento, uso de mão-de-obra e de energia, quantidade e qualidade de água disponível e incidência de pragas e doenças.

Para que o sistema de irrigação atenda com eficiência às necessidades hídricas da cultura, ele deve ser devidamente dimensionado, levando-se em consideração aspectos hidráulicos, agrônômicos e operacionais. Procedimentos para o dimensionamento de diferentes sistemas de irrigação podem ser encontrados

em publicações específicas, por isso não serão abordados neste capítulo.

## Irrigação por gotejamento

Por proporcionar maior produtividade e frutos de melhor qualidade, a irrigação do meloeiro, nas principais regiões produtoras do Brasil, é realizada quase que exclusivamente por gotejamento.

No gotejamento, a água é aplicada de forma localizada junto às raízes das plantas, sem que a parte aérea e a faixa entre fileiras de plantio sejam molhadas. O sistema apresenta como principais vantagens a economia de água (50%-60% do sistema por sulco) e de mão-de-obra (0,1-0,5 h/ha/irrigação), a alta eficiência de irrigação (80%-95%) e a facilidade da fertirrigação. Pode ser utilizado nos mais diversos tipos de solo, topografia e clima, minimizando a incidência de doenças foliares e de plantas daninhas.

As principais restrições ao sistema são o maior custo inicial por unidade de área (R\$2.500-5.000/ha), problemas de entupimento e a necessidade de remoção das tubulações de gotejadores (linhas laterais) distribuídas no campo ao final de cada safra. Apesar disso, este sistema tem se mostrado viável para o cultivo do meloeiro.

Uma variação do gotejamento superficial, em que a linha lateral é colocada sobre o solo, é o subterrâneo, no qual a lateral é enterrada junto da linha de plantio a uma profundidade de 20-30 cm. As

principais vantagens do sistema são: aplicação de água e nutrientes junto às raízes, redução da evaporação, não contato do fruto ou partes da planta com água de irrigação, não necessidade de remoção das linhas laterais ao final de cada ciclo da cultura, o que reduz a mão-de-obra e aumenta a vida útil do material. A principal dificuldade, principalmente em solos arenosos, é que poderá haver a necessidade de irrigar por aspersão, na fase inicial da cultura (10 a 15 dias).

O sistema de irrigação por gotejamento é composto pelo conjunto moto-bomba, cabeçal de controle (sistema de filtragem e de injeção de fertilizantes, válvulas e chave de partida) e sistema de distribuição de água (tubulação adutora, de distribuição, gotejadora ou linha lateral e acessórios). Para maior eficiência de irrigação e bom funcionamento do sistema, podem ser utilizados os seguintes acessórios: reguladores de pressão, válvulas antivácuo e de final de linha.

O sistema também pode ser automatizado por meio de painéis controladores, válvulas solenóides ou hidráulicas, e sensores. Nos controladores básicos são programados os horários e a duração das irrigações, devendo ser reprogramados, manualmente, para ajustar variações na demanda de água da cultura. Em painéis mais sofisticados, este ajuste pode ser todo realizado diretamente pelo controlador por meio de sensores de umidade de solo e/ou climáticos. Os sistemas automatizados têm maior custo inicial, mas reduzem a utilização de mão-de-obra, os erros de operação e, por permitirem que o sistema de irrigação funcione 24 horas por dia, possibilitam economia significativa no dimensionamento hidráulico.

As linhas laterais podem ser agrupadas nas categorias de fitas e tubos. O diâmetro varia de 16 a 20 mm e a espessura de parede entre 0,1 e 1,2 mm. As de maior espessura apresentam, via de regra, maior durabilidade. Para redu-

zir custos e facilitar o rebobinamento da lateral, ao final de cada safra, as laterais com espessura entre 0,1 e 0,6 mm são as mais utilizadas. A vazão por gotejador pode variar desde menos de 0,5 L/h até mais de 4,0 L/h, sendo aqueles com vazões inferiores a 2,5 L/h os mais utilizados atualmente. Gotejadores do tipo autocompensante apresentam pequena variação de vazão quando submetidos a variações de pressão, permitindo ao sistema maior uniformidade na distribuição da água.

Os gotejadores devem ser espaçados de modo que se forme uma faixa molhada ao longo da linha de plantio. O espaçamento entre gotejadores depende do diâmetro do bulbo molhado formado pelo gotejador e este, por sua vez, depende principalmente do tipo de solo. Como regra geral, pode ser adotado um espaçamento de 20-30 cm para solos de textura grossa e de 40-60 cm para solos de texturas média e fina. A linha de plantio deve ser posicionada junto da linha lateral, e as plantas, a 5-10 cm do gotejador. Para evitar problemas de saturação para a planta, principalmente em solos de textura fina, alguns produtores costumam deslocar a tubulação em 15-25 cm com relação à linha de plantio, após o estabelecimento inicial da cultura.

No Brasil, a elaboração do projeto (agronômico e hidráulico), a qualidade do equipamento e a implantação do sistema ficam, na maioria das vezes, sob a responsabilidade das empresas revendedoras dos equipamentos de irrigação. Assim, o produtor deve procurar, na região, empresas idôneas e de reconhecida competência que ofereçam equipamentos de qualidade e assistência técnica adequada. Para a escolha do projeto mais viável é desejável que o produtor seja auxiliado por um técnico especializado e autônomo.

### Irrigação por sulco

Dentre os sistemas superficiais de irrigação, o por sulco é o mais indicado para o cultivo do meloeiro. É utilizado,



principalmente, por pequenos produtores no Vale do São Francisco (Petroli-  
na/Juazeiro). O baixo investimento ini-  
cial (R\$700,00-1.500,00/ha) e o menor  
requerimento de energia (0,3-3,0 kWh/  
mm/ha) são as principais vantagens des-  
te sistema. Adapta-se à maioria dos tipos  
de solos, com exceção daqueles com alta  
taxa de infiltração, como os arenosos.  
Requer terrenos planos ou sistematiza-  
dos. Quando a sistematização envolve  
grande movimentação de terra, os cus-  
tos de implantação podem ser inviáveis.

Comparativamente ao gotejamen-  
to, a irrigação por sulco requer maior  
quantidade de água e de mão-de-obra  
(1,0-3,0 h/ha/irrigação), favorece a inci-  
dência de doenças, pode reduzir a produ-  
tividade e a qualidade de frutos. Em  
comparação com a aspersão, apresenta  
a vantagem de não molhar a parte aérea  
das plantas e, assim, não lavar o agrotó-  
xico aplicado à folhagem, o que reduz a  
incidência de doenças foliares.

A irrigação por sulco consiste na  
condução de água por meio de pequenos  
canais paralelos às linhas de plantio,  
durante o tempo necessário para que a  
água se infiltre no solo e umedeça a zona  
radicular da cultura. Os sulcos devem  
ser construídos em áreas com declive  
uniforme ou previamente sistematiza-  
das. Eles não devem ter declividade aci-  
ma de 2% para evitar erosão excessiva. Em  
áreas sujeitas a chuvas mais intensas, a  
declividade não deve exceder 0,5%.  
A distribuição de água pode ser feita por  
meio de sifões, tubos janelados ou com-  
portas. A mais comum, mas não recomen-  
dada, é a abertura manual de "passagens na  
parede" dos canais de distribuição para  
que a água adentre nos sulcos.

Para a irrigação eficiente por sulco, o  
dimensionamento envolve dois pontos  
básicos: a) o comprimento dos sulcos deve  
ser tal que o tempo de avanço (tempo para  
a água atingir o final do sulco) seja menor  
ou igual a um quarto do tempo de oportu-  
nidade (tempo para infiltrar a lâmina  
média de água necessária por irrigação);

b) As irrigações devem apresentar vazão  
máxima que não cause erosão no sulco  
até a frente de avanço de água ter atingi-  
do o seu final, para, em seguida, reduzi-  
la ao mínimo capaz de manter todo o  
sulco com água.

## Irrigação por aspersão

Existem diferentes sistemas por as-  
persão, cada qual apresentando caracte-  
rísticas próprias, com vantagens e des-  
vantagens. Os sistemas mais comuns são  
o convencional portátil e semiportátil,  
autopropelido e pivô central. O uso de  
água e de mão-de-obra requerido pelos  
sistemas por aspersão é menor que na  
irrigação por sulco e maior que no gote-  
jamento.

Os sistemas por aspersão podem, de  
um modo geral, ser utilizados em solos de  
diferentes texturas, em terrenos declivo-  
sos e, embora com menor flexibilidade  
que no gotejamento, para a aplicação de  
fertilizantes via água de irrigação. No  
entanto, sofrem grande interferência do  
vento e, sob clima seco e quente, a efici-  
ência de aplicação de água é prejudicada.

Em razão das desvantagens em rela-  
ção a outros sistemas, a irrigação por  
aspersão não é recomendada para a cul-  
tura do meloeiro. A irrigação por asper-  
são favorece a incidência de doenças  
foliares, como micosferela, antracnose,  
alternária e míldio, que reduz drastica-  
mente a produtividade e a qualidade dos  
frutos. Além disso, a água aspergida so-  
bre as plantas lava os agrotóxicos.

## QUALIDADE DA ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

A água encontrada na natureza pode  
conter impurezas que inviabilizam o seu  
emprego para fins de irrigação, caso não  
seja devidamente tratada. As impurezas  
dependem da procedência da água e po-  
dem estar em suspensão ou dissolvidas.  
Em dissolução podem ser encontrados  
gases, sais, metais pesados e agrotóxicos.  
As impurezas em suspensão podem ter



origem mineral, como areia, silte e argila, ou orgânica, constituída por matéria morta e organismos vivos. A matéria orgânica morta pode ter origem animal ou vegetal, como folhas, galhos e outros detritos. Dentre os organismos vivos presentes na água, destacam-se bactérias, vírus e protozoários.

O principal problema de qualidade de água na irrigação por gotejamento está relacionado com a obstrução de gotejadores pelas impurezas em suspensão, a formação de precipitados e a atividade microbiológica. Na Tabela 12 é apresentado um critério para avaliação do risco potencial de obstrução de gotejadores em função da qualidade física, química e biológica da água.

### Aspectos sanitários

Águas superficiais contaminadas por organismos patogênicos podem servir de veículo para a transmissão de doenças aos agricultores e aos consumidores, como amebíase, giardíase, verminoses, febre tifóide e cólera, quando utilizadas para irrigação. Felizmente, o cultivo do meloeiro é, em geral, realizado longe dos centros urbanos, onde as águas disponíveis para irrigação ainda apresentam baixos índices de contaminação por tais patógenos.

O desenvolvimento microbiano, como de algas e bactérias, na água de

irrigação, também pode causar sérios problemas de obstrução dos gotejadores. A proliferação de algas, que depende de energia luminosa, é estimulada por excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. As bactérias não requerem luz para desenvolvimento e, na presença de substâncias como ácido sulfídrico, ferro, manganês e argila, produzem massas mucilaginosas (lodo) que podem facilmente obstruir os gotejadores. Baixíssimas concentrações (a partir de 0,2 mg/L) de ferro, manganês e sulfetos são suficientes para propiciar ativo desenvolvimento de bactérias. As ferro-bactérias filamentosas, no seu processo metabólico, transformam o ferro solúvel reduzido ( $\text{Fe}^{+2}$ ) em ferro insolúvel oxidado ( $\text{Fe}^{+3}$ ) produzindo um lodo mucilaginoso. As sulfo-bactérias produzem um lodo branco gelatinoso de enxofre.

Um dos métodos mais utilizados em todo o mundo para controle de algas e bactérias é a adição de cloro na água de irrigação. Todavia, o tratamento é caro e requer manejo cuidadoso. O cloro residual livre medido no final da linha lateral deve ser mantido a 0,5-2,0 mg/L, se injetado de forma contínua durante a irrigação, ou entre 10-20 mg/L, se injetado 1-2 vezes por semana durante os últimos 30 minutos da irrigação. Graves problemas de obstrução podem, muitas

**Tabela 12.** Risco potencial de entupimento de gotejadores em função da qualidade da água de irrigação.

Qualidade	Risco de entupimento		
	Pequeno	Médio	Alto
Física			
Sólidos suspensos (mg/L)	< 50	50 - 100	> 100
Química			
pH	< 7,0	7,0 - 8,0	> 8,0
Sólidos dissolvidos (mg/L)	< 500	500 - 2.000	> 2.000
Manganês (mg/L)	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Ferro total (mg/L)	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Ácido sulfídrico (mg/L)	< 0,5	0,5 - 2,0	> 2,0
Biológica			
Bactérias (nº/ml)	< 10.000	10.000 - 50.000	> 50.000

Fonte: Gilbert & Ford (1986).



vezes, ser minimizados por meio de supercloração (100-500 mg/L) e manutenção da solução por 24 horas dentro da tubulação. Para maior eficiência, o cloro deve ser usado em água com pH entre 5,5-6,5. Algumas das fontes de cloro são o hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, gás cloro e ácido hipocloroso.

## Aspectos físicos

As características físicas da água incluem a totalidade de sólidos em suspensão e as substâncias orgânicas dissolvidas. Partículas em suspensão podem restringir o uso da água para irrigação, caso não seja devidamente tratada. As tubulações e, principalmente, as bombas hidráulicas podem ter sua vida útil reduzida quando a água apresentar quantidades excessivas de materiais de origem mineral e vegetal em suspensão. Esses materiais, em especial a areia, atuam de forma abrasiva danificando as partes internas de bombas e tubulações.

Os fatores físicos da água que podem causar obstrução de emissores são as partículas inorgânicas suspensas (argila, silte e areia), os materiais orgânicos (fragmentos de plantas, resíduos animais, algas, insetos, etc.) e combinações entre eles. Tal problema, que é crítico em gotejamento, pode ser minimizado pela filtração da água e pela lavagem periódica das laterais. A maioria dos fabricantes de

gotejadores recomendam filtros de 75-150  $\mu\text{m}$  (100-200 mesh<sup>1</sup>). A recomendação geral é remover todas as partículas maiores que 10% do diâmetro do orifício ou de passagem de fluxo do gotejador.

Os problemas com os detritos vegetais podem ser facilmente minimizados com o uso de telas na própria captação. Os filtros tipo ciclone, centrífugos e tanques de sedimentação são próprios para eliminar areia grossa, mas não são indicados para sólidos orgânicos. Os filtros de disco e tela são indicados para eliminar praticamente quaisquer tipos de sólidos suspensos, mas são obstruídos com facilidade por materiais orgânicos. Os filtros de areia podem eliminar grandes quantidades de sólidos suspensos e materiais orgânicos antes de serem obstruídos. Apesar de eliminar partículas menores que 100  $\mu\text{m}$ , os filtros de areia devem ser seguidos por um filtro secundário de tela ou discos para evitar que, durante a retrolavagem, partículas de areia do filtro entrem no sistema de irrigação. Águas com quantidade excessiva de materiais em suspensão requerem lavagem frequente do elemento filtrante para não provocar perdas excessivas na pressão de serviço do sistema. Nesse caso, filtros com retrolavagem automática são desejáveis. A seleção do tipo de filtro, em função da origem e da concentração do material em suspensão, é mostrada pela Tabela 13.

**Tabela 13.** Critério para seleção do tipo de filtro para sistema de irrigação por gotejamento.

Material orgânico	Material inorgânico	Tipo de filtro*
< 5 mg/L	< 5 mg/L	Tela manual
	5 a 10 mg/L	Disco manual
	> 10 mg/L	Tela ou disco automático
5 a 10 mg/L	< 5 mg/L	Tela ou disco automático
	5 a 10 mg/L	Areia manual
	> 10 mg/L	Areia manual
> 10 mg/L		Areia automático

\*Se filtro de areia for recomendado, deve-se usar um filtro de tela ou disco em série para evitar que areia do filtro atinja os gotejadores.

Fonte: Lima & Silva (2000).

<sup>1</sup> Mesh é o número de aberturas na área de uma polegada quadrada.



## Aspectos químicos

Os aspectos relacionados com a qualidade química da água envolvem a salinidade, a permeabilidade do solo, a toxicidade e a obstrução de gotejadores. Na Tabela 14 estão apresentadas regras para interpretação da qualidade química da água quanto às restrições de uso para irrigação.

A concentração de sais dissolvidos na água de irrigação não é, geralmente, suficiente para prejudicar o meloeiro. Os danos são devidos, quase sempre, aos sais que vão se acumulando no solo e salinizando-o gradativamente. Este problema é mais freqüente na Região Nordeste, onde é comum a presença de sais solúveis na água e/ou no solo, e a evapotranspiração é maior que a precipitação pluviométrica, o que provoca o acúmulo de sais no solo.

O meloeiro apresenta tolerância moderada à concentração de sais na solução do solo. Irrigação com água ligeiramente salina, desde que bem manejada e em solo com excelente drenagem, produz frutos mais doces, com alto teor de sólidos solúveis. Todavia, durante o crescimento inicial, a planta é sensível à salinidade. Para se calcular o efeito da salinidade na produtividade da cultura utiliza-se a equação 1 (Cuenca, 1989).

### Equação 1

$$P = 100 - 7,25 \times (CEe - 2,20)$$

Em que:

P = produtividade relativa (%)

CEe = condutividade elétrica  
do extrato de saturação  
do solo (dS/m).

Os valores 7,25 e 2,20, apresentados na equação 1, representam a declividade da reta de redução de produtividade e a máxima condutividade elétrica do extrato de saturação do solo que não causa redução de produtividade, respectivamente. Estes valores são indicados, sobretudo, para cultivares do tipo Amarelo e Pele-de-sapo. Cultivares do tipo Gália e Cantaloupe toleram, em geral, níveis de salinidade mais elevados.

A quantidade de água em excesso requerida para manter a salinidade do solo dentro do nível de tolerância da planta (lixiviação) é determinada a partir da salinidade da água a ser usada na irrigação e na tolerância da planta à salinidade do solo. Para irrigação por sulco, o cálculo da lixiviação mínima requerida é feito usando-se a equação de Rhoades (Ayers & Westcot, 1991) equação 2.

**Tabela 14. Restrições de uso da água para fins de irrigação de acordo com os aspectos químicos.**

Problema	Restrição de uso		
	Nenhum	Moderado	Severo
<b>Salinidade</b>			
CEa (dS/m)	<0,7	0,7 - 3,0	>3,0
STD (mg/L)	<450	450 - 2000	>2.000
<b>Permeabilidade do solo</b>			
RAS = 0-3 e CEa (dS/m) =	>0,7	0,7 - 0,2	<0,2
RAS = 3-6 e CEa (dS/m) =	>1,2	1,2 - 0,3	<0,3
RAS = 6-12 e CEa (dS/m) =	>1,9	1,9 - 0,5	<0,5
RAS = 12-20 e CEa (dS/m) =	>2,9	2,9 - 1,3	<1,3
RAS = 20-40 e CEa (dS/m) =	>5,0	5,0 - 2,9	<2,9
<b>Toxidez</b>			
Sódio (RAS)	<3,0	3,0 - 9,0	>9,0
Cloreto (meq/L)	<4,0	4,0 - 10,0	>10,0
Boro (mg/L)	<0,7	0,7 - 2,0	>2,0
NH <sub>4</sub> e NO <sub>3</sub> (mg/L)	<5,0	5,0 - 30,0	>30,0

CEa = condutividade elétrica da água; STD = sólidos totais solúveis; RAS = razão de absorção de sódio.  
Fonte: Ayers & Westcot (1991).



**Equação 2**

$$LR = \frac{CEa}{5 \times CEe - CEa}$$

Em que:

LR = lixiviação mínima requerida (decimal)

CEa = condutividade elétrica da água de irrigação (dS/m).

Para aplicações práticas, utilizar um valor de CEe entre 2,2-3,6 dS/m, que corresponde a 90%-100% da produtividade potencial do meloeiro.

Para irrigação por gotejamento com alta frequência, a fração de lixiviação é calculada pela média das equações 3 e 4 (Smith & Hancock, 1986; Keller & Bliester, 1990).

**Equação 3**

$$LR = \frac{CEa}{2 \times CEe_{\max}}$$

Em que:

CEe<sub>max</sub> = salinidade do extrato de saturação do solo que o rendimento é reduzido em 100% (para melão usar 16,0 dS/m).

**Equação 4**

$$CEe = \frac{0,5 \times CEa}{1 - LR} \times \ln\left(\frac{1}{LR}\right)$$

No caso da equação 4, a determinação de LR é feita por tentativa erro, ou seja, assume valores de LR até que o valor computado de CEe seja igual ao valor associado ao nível de produção desejado. Por exemplo, para obtenção de produtividade máxima (P = 100%), obtém-se pela equação 1 CEe = 2,2 dS/m.

As principais medidas para prevenir ou minimizar problemas de salinidade são instalação de sistemas de drenagem em solos que não têm boa drenagem natural, a adoção de práticas cultu-

rais que aumentem a infiltração e reduzam a evaporação de água do solo, realização de manejo adequado de irrigação e seleção de cultivares mais adaptadas aos níveis de salinidade existentes.

O sódio, quando em excesso na água, pode interagir com o solo, reduzindo sua permeabilidade e, assim dificultar a infiltração de água e a oxigenação do solo, prejudicando o desenvolvimento das plantas. As medidas preventivas ou corretivas são: aplicação de corretivos ao solo e à água, como o gesso, e rompimento da crosta superficial do solo, como a escarificação, aração profunda e uso de materiais orgânicos, para propiciar melhor infiltração de água.

As águas com pH acima de 7,5 e alta concentração de bicarbonato (acima de 2 meq/L) podem provocar a obstrução gradual dos gotejadores, pela precipitação de sais. Água rica em cálcio dificulta, principalmente, o manejo de fertilizantes fosfatados. A obstrução pode ainda se dar pela oxidação de ferro e manganês, que é favorecida por pH e temperaturas elevadas. Ferro e manganês em solução podem também formar precipitados insolúveis quando na presença de sulfetos.

A solução mais utilizada para reduzir a precipitação de sais em tubulações é a redução do pH da água para a faixa entre 5,5 e 7,0 por meio da injeção de ácidos, como o sulfúrico, o muriático, o nítrico ou o cítrico. A quantidade de ácido necessária varia entre 0,02% e 0,2% da capacidade do sistema, sendo função da qualidade da água, temperatura e tipo de ácido. O ácido fosfórico, além de fonte de fósforo, pode ser utilizado também para o tratamento da água. Cuidados devem ser tomados para não injetar fertilizantes fosfatados em águas ricas em cálcio, sob risco de formação de precipitados insolúveis.

Nas principais regiões produtoras, parte da água utilizada para irrigação é subterrânea de origem calcária, com teores de cálcio e bicarbonato acima de



8 e 6 meq/L, respectivamente, apresentando alto potencial para obstrução de gotejadores e alcalinização do solo. Para prevenir problemas de obstrução, deve-se reduzir o pH da água, adicionando-se entre 0,02% e 0,05% de ácido nítrico e evitando-se a injeção de ácido fosfórico.

Os problemas decorrentes da presença de ferro, manganês e ácido sulfídrico são muitas vezes solucionados pela cloração da água (1 mg/L de cloro residual livre). Os precipitados resultantes da oxidação devem ser filtrados antes de sua introdução no sistema de irrigação.

A obstrução parcial de gotejadores, devido à precipitação de ferro e sais de cálcio, pode ser minimizada pela injeção de ácido durante 30 a 60 min numa concentração que reduza o pH da água para 4,0. Problemas mais sérios podem ser resolvidos injetando ácido para baixar o pH da água para 2,0. Após a aplicação do ácido, irrigar com água normal e com pressão mais elevada possível.

As águas utilizadas para irrigação podem ainda estar contaminadas por agrotóxicos e metais pesados, como o mercúrio, o chumbo e o cádmio, que causam problemas de fitotoxidez às plantas e, ao serem absorvidas por elas, podem causar doenças ao consumidor final.

## NECESSIDADE DE ÁGUA DA CULTURA

A necessidade de água do meloeiro, do plantio até a colheita, varia de 300 a 550 mm, dependendo das condições climáticas, ciclo da cultivar e sistema de irrigação. A necessidade diária de água, também chamada de evapotranspiração da cultura (expressa em mm/dia), engloba a quantidade de água transpirada pelas plantas mais a água evaporada do solo. Ela é afetada, principalmente, pelo clima, estágio de desenvolvimento da cultura e sistema de irrigação.

O meloeiro apresenta quatro estádios distintos de desenvolvimento (inicial, vegetativo, frutificação e matura-

ção) com relação às necessidades hídricas e manejo da água. A duração de cada estágio depende, principalmente, da cultivar e das condições de clima e solo.

## Estádio inicial

O estágio inicial da cultura compreende o período que vai da semeadura até as plantas atingirem 10% de cobertura do solo, englobando a germinação e o desenvolvimento inicial do sistema radicular e da parte aérea. Na Região Nordeste, dependendo da cultivar, da época de plantio e do manejo do solo e da água, a duração desta fase varia de 18 a 25 dias.

Irrigações em excesso neste estágio favorecem a maior incidência de fungos de solo, podendo comprometer o estado final. A deficiência de água também pode prejudicar a germinação, enquanto a baixa uniformidade de irrigação pode acarretar germinação desuniforme.

O plantio deve ser realizado em solo úmido. Caso necessário, a lâmina de irrigação a ser aplicada, antes da semeadura, deve ser o suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo nos primeiros 20 cm de profundidade do solo. Dependendo do tipo e da umidade inicial do solo, a lâmina líquida a ser aplicada está entre 10 e 15 mm, para solos de textura grossa, e entre 20 e 40 mm, para os de texturas média e fina. Para a formação do bulbo molhado na irrigação por gotejamento, a lâmina total deve ser fracionada e aplicada durante 2 a 3 dias, fazendo-se duas irrigações por dia, no caso de solos arenosos, e uma por dia, para solos argilosos. Após a emergência, as irrigações devem ser leves e frequentes, procurando manter a umidade da camada superficial do solo (0 a 10 cm) próxima à capacidade de campo.

Após a emergência, a frequência da irrigação deve ser reduzida e a profundidade de molhamento do solo aumentada para simular déficit de água na camada mais superficial e estimular o desenvolvimento radicular em profundidade e lateralmente.



A demanda de água nesta fase depende, sobretudo, da evaporação da água da superfície do solo, a qual é função da fração de solo umedecido superficialmente, frequência de irrigação e demanda evapotranspirativa da atmosfera.

### Estádio vegetativo

Compreende o período entre o estabelecimento inicial da cultura e o pegamento dos frutos, o que corresponde a aproximadamente 80% do desenvolvimento máximo da parte aérea. Na Região Nordeste, esta fase se estende até 38 a 45 dias após a semeadura. A deficiência moderada de água no início desta fase favorece o desenvolvimento do sistema radicular, permitindo maior intervalo entre irrigações e melhoria na eficiência da absorção de nutrientes. As limitações no desenvolvimento vegetativo das plantas, resultantes da ocorrência de déficits hídricos moderados, têm pequeno efeito na produção, desde que o suprimento de água no estágio de florescimento e frutificação seja adequado. Irrigações excessivas, tanto neste quanto nos estádios subsequentes, favorecem maior incidência de doenças, além de lixiviação de nutrientes, em especial, de nitrogênio. Pequenos déficits hídricos no início do florescimento propiciam maior aparecimento de flores femininas.

### Estádio de frutificação

O estágio de frutificação, que vai do pegamento dos frutos até o início da maturação, é o mais crítico do meloeiro quanto à deficiência de água no solo. O manejo inadequado da irrigação nesse estágio afeta a produtividade e a qualidade de frutos. Irrigações excessivas, especialmente por aspersão, podem aumentar a queda de flores e reduzir o pegamento de frutos. A deficiência de água reduz o pegamento e o tamanho de

frutos, comprometendo a produtividade, enquanto o excesso favorece a ocorrência de podridões do colo da planta e de frutos, e doenças foliares. Prolongados períodos de deficiência hídrica, seguidos de irrigação em excesso, podem causar danos fisiológicos, como rachadura de fruto. Em condições em que as doenças de fruto e foliares são problemáticas, irrigações frequentes, especialmente por aspersão, devem ser evitadas. Nesse estágio, a necessidade hídrica da cultura é máxima e a umidade do solo deve permanecer próxima à capacidade de campo.

### Estádio de maturação

É o período compreendido entre o início da maturação de frutos (5 a 10 dias antes da primeira colheita) e a última colheita. Neste estágio há uma sensível redução da necessidade de água pela cultura (20%-30%). Irrigações excessivas prejudicam a qualidade dos frutos, reduzindo o teor de sólidos solúveis e de açúcares, e a conservação, além de favorecerem doenças, especialmente se realizadas por aspersão.

As irrigações devem ser paralisadas cerca de 3 a 5 dias antes da última colheita para solos arenosos e 5 a 7 dias para solos de texturas média e fina. No gotejamento, paralisar de 1 a 3 dias antes da última colheita para solos arenosos e 2 a 4 dias para solos de texturas média e fina.

## MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

O manejo da água de irrigação envolve uma série de procedimentos que objetivam responder quando e quanto irrigar. A reposição da água ao solo no momento oportuno e na quantidade adequada envolve parâmetros relacionados com a planta, o solo e o clima. Os métodos disponíveis



para o controle da irrigação, apresentam vantagens e desvantagens. Aqueles que permitem um controle criterioso, como o do balanço hídrico e o da tensão da água do solo, baseiam-se no conhecimento de características físico-hídricas do solo, necessidades hídricas específicas da cultura e fatores climáticos associados à evapotranspiração. Entretanto, estes métodos requerem equipamentos para o monitoramento da umidade do solo (tensiômetros, blocos de resistência elétrica, etc.) e/ou equipamentos para a estimativa da evapotranspiração (Tanque Classe A, termômetros, higrômetros, radiômetros, etc.), além de pessoal qualificado. Por acreditar que são caros e de uso complicado, a grande maioria dos produtores não utiliza qualquer método de manejo, preferindo irrigar de forma empírica. Como resultado, as irrigações são muitas vezes realizadas de forma inadequada, comprometendo a produtividade e a qualidade dos frutos.

Dentre as vantagens da adoção de um programa adequado de manejo destacam-se: aumento da produtividade, melhor qualidade de fruto, maior rentabilidade da cultura e otimização no uso de água, de energia, de nutrientes e de agrotóxicos e, portanto, maior sustentabilidade ambiental.

A seguir são apresentados três métodos, com diferente grau de precisão, para manejo da irrigação na cultura do meloeiro.

### Método do turno de rega simplificado

O cultivo do meloeiro é realizado, principalmente, em regiões semi-áridas ou em períodos em que a ocorrência de chuvas é pouco significativa. Sob tais condições, a variabilidade da evapotranspiração de ano para ano é pequena, o que torna possível manejar a irrigação a partir de dados climáticos históricos (normais climatológicas) e

tipo de solo da região. A seguir apresenta-se um método simplificado que não requer a utilização de equipamentos para manejo da irrigação. O método proposto possibilita estimar valores de turno de rega e lâmina de irrigação, para cada estágio de desenvolvimento do meloeiro, em função das condições climáticas médias da região (temperatura e umidade relativa do ar), tipo de solo, profundidade efetiva do sistema radicular da cultura e sistema de irrigação.

Do ponto de vista do irrigante, é altamente desejável a possibilidade de antever as prováveis datas e lâminas de água necessárias, visto que as práticas culturais e as necessidades de trabalho podem ser previamente planejadas. A seguir é apresentado o procedimento da utilização do método simultaneamente com um exemplo de cálculo para cada sistema de irrigação.

Exemplo de cálculo para gotejamento: deseja-se determinar o turno de rega e o tempo de irrigação para a seguinte condição:

- Local: Mossoró/RN.
- Solo: textura grossa (arenoso).
- Mês: setembro.
- Temperatura média do ar: 28°C.
- Umidade relativa média do ar: 60%.
- Estádio: frutificação.
- Condutividade elétrica da água - CEa: 0,6 dS/m.

**Passo 1** – determinar pela Tabela 15 a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em função de dados históricos médios de temperatura e umidade relativa do ar disponíveis na região. Valores aproximados podem ser obtidos nos mapas climatológicos mensais disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia no site <http://ww.inmet.gov.br/index.html>. Dados climáticos diários, contendo valores de evapotranspiração de referência, para as regiões produtoras do Rio Grande do Norte, podem ser obtidos no site <http://www.esam.br/serviços>.



Pela Tabela 15, para a temperatura de 28°C e umidade relativa de 60%, obtém-se  $ET_o = 6,7$  mm/dia.

**Passo 2** – determinar pela Tabela 16 o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para cada estágio de desenvolvimento.

Pela Tabela 16, para o estágio de frutificação, solo nu e irrigação por gotejamento, tem-se  $K_c = 1,10$ .

**Passo 3** – determinar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) para cada estágio de desenvolvimento, pela equação 5.

#### Equação 5

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Em que:

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura (mm/dia).

$K_c$  = coeficiente de cultura (adimensional).

$ET_o$  = evapotranspiração de referência (mm/dia).

Pela equação 5, para  $K_c = 1,00$  e  $ET_o = 6,7$  mm/dia, obtém-se:

$$ET_c = 1,00 \times 6,7 \text{ mm/dia} = 6,7 \text{ mm/dia.}$$

**Passo 4** – determinar a profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z$ ) para cada estágio da cultura.

Não se deve considerar todo o perfil do solo explorado pelas raízes, mas apenas a profundidade efetiva, que corresponde à camada em que se encontra cerca de 80% do sistema radicular. Na Tabela 16 são apresentados intervalos de profundidade nos diferentes estágios do meloeiro. Entretanto, diversos fatores, tais como textura de solo, fertilidade, práticas culturais, solos rasos, irrigações muito frequentes e horizontes fortemente diferenciados podem afetar o desenvolvimento das raízes. Para melhor estimativa da profundidade efetiva é aconselhável avaliar o sistema radicular no próprio local de cultivo. A abertura de uma trincheira perpendicular à linha de plantio permite uma avaliação visual da profundidade a ser considerada.

**Tabela 15.** Evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), em mm/dia, em função da temperatura e umidade relativa média do ar.

Temp. (°C)	Umidade relativa (%)								
	40	45	50	55	60	65	70	75	80
20	7,3	6,7	6,1	5,5	4,9	4,3	3,6	3,0	2,4
22	8,0	7,3	6,6	6,0	5,3	4,6	4,0	3,3	2,7
24	8,6	7,9	7,2	6,5	5,8	5,0	4,3	3,6	2,9
26	9,4	8,6	7,8	7,0	6,2	5,5	4,7	3,9	3,1
28	10,1	9,3	8,4	7,6	6,7	5,9	5,1	4,2	3,4
30	10,9	10,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,4	4,5	3,6
32	11,7	10,7	9,7	8,8	7,8	6,8	5,8	4,9	3,9
34	12,5	11,5	10,4	9,4	8,4	7,3	6,3	5,2	4,2

Obs.: Valores de  $ET_o$  nos intervalos de umidade relativa e temperatura apresentados podem ser obtidos por interpolação linear.

Fonte: Computado a partir da equação de Ivanov (Jensen, 1973).

**Tabela 16.** Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) e profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z$ ) nos diferentes estágios de desenvolvimento do meloeiro, em função do sistema de irrigação.

Estádio	Kc			Z (cm)
	Sulco/aspersão	Gotejamento		
		Solo nu	Plástico*	
Inicial (I)	0,45	0,35	0,20	5 - 10
Vegetativo (II)	0,75	0,70	0,60	15 - 30
Frutificação (III)	1,00	1,00	0,90	25 - 40
Maturação (IV)	0,70	0,80	0,70	25 - 40

\* Plantio em solo com cobertura plástica (Mulch).

Fonte: Adaptado de Marouelli et al. (1996), Allen et al. (1998) e Sousa et al. (1999b).



A profundidade efetiva pode variar entre 30 e 40 cm durante o estágio de frutificação (Tabela 16). Para a maioria dos solos da Região Nordeste, a profundidade efetiva neste estágio é de  $Z = 30$  cm.

**Passo 5** – determinar pela Tabela 17 o turno de rega para cada estágio da cultura, em função da evapotranspiração da cultura, da profundidade efetiva do sistema radicular e da textura do solo.

A Tabela 17 indica que para  $ET_c = 6,7$  mm/dia,  $Z = 30$  cm, solo de textura grossa e irrigação por gotejamento, o turno de rega recomendado na fase de frutificação no mês de setembro é de  $TR = 2$  vezes por dia = 0,5 dia.

**Passo 6** – determinar a eficiência de irrigação do sistema.

Para sistemas por gotejamento devidamente dimensionados, a eficiência de irrigação varia entre 80% e 90%. Todavia, é comum observar, no campo, sistemas com eficiência entre 60% e 80%, seja em razão de dimensionamento hidráulico inadequado, equipamento de baixa qualidade ou manutenção deficiente (principalmente entupimento).

A eficiência de irrigação é função principal da uniformidade de emissão e das perdas devido à percolação profunda não controlável. É função, também, de perdas menores como escoamento superficial, vazamentos e perdas resultantes do manejo inadequado da irrigação. Porém, sistemas devem ser projetados, mantidos e manejados para minimizar todas as perdas controláveis.

Em projetos de irrigação com gotejadores autocompensantes é comum dimensionar as unidades de irrigação com uniformidade de emissão de 0,90. Todavia, em vez de utilizar valores de uniformidade fornecidos pelo fabricante, recomenda-se sua determinação diretamente no campo a cada safra. Isto pode ser feito medindo a vazão dos gotejadores em condições normais de operação. Um critério simples e preciso é o de medir a vazão de 10 gotejadores de 6 linhas laterais, nas quais os gotejadores devem

estar igualmente espaçados ao longo da lateral, incluindo-se o primeiro e o último, assim como as laterais em relação ao setor avaliado. A uniformidade de emissão é computada pela equação 6.

#### Equação 6

$$Eu = \frac{\bar{q}_{25\%}}{\bar{q}_{100\%}}$$

Em que:

$Eu$  = uniformidade de emissão (decimal).

$\bar{q}_{25\%}$  = média das 25% menores vazões medidas.

$\bar{q}_{100\%}$  = média das vazões de todos os gotejadores.

Perdas por percolação profunda não controlável, para irrigação de alta frequência, podem ocorrer mesmo em sistemas adequadamente manejados. A eficiência associada a estas perdas ( $Es$ ) é função principal do tipo de solo, sendo recomendada para textura grossa  $Es = 0,90$ , para textura média  $Es = 0,95$  e para textura fina  $Es = 1$ .

Para este exemplo, considerar uma uniformidade de emissão de  $Eu = 0,90$  (gotejadores autocompensantes). Para solo de textura grossa, a eficiência associada às perdas por percolação profunda não controlável é de  $Es = 0,90$ .

**Passo 7** – determinar a lixiviação mínima requerida para controle de salinidade. Para irrigação por gotejamento,  $LR$  deve ser determinado como a média dos valores computados pelas equações 3 e 4.

Os valores de  $LR$ , para obtenção de produtividade máxima ( $CEe_{max} = 16,0$  dS/m;  $CEe = 2,2$  dS/m) e água de irrigação com condutividade elétrica de  $CEa = 0,6$  dS/m, computados pelas equações 3 e 4, são de:

$$LR = \frac{0,6 \text{ dS/m}}{2 \times 16,0 \text{ dS/m}} = 0,02$$

$$2,2 \text{ dS/m} = \frac{0,5 \times 0,6 \text{ dS/m}}{1 - LR} \times \ln\left(\frac{1}{LR}\right) \Rightarrow LR = 0,00$$



**Tabela 17.** Sugestão de turno de rega (dias) para a cultura do meloeiro em função da evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes, tipo de solo e sistema de irrigação.

Irrigação por gotejamento												
Profundidade efetiva de raízes (cm)												
ETc (mm/dia)	10			20			30			40		
	Textura do solo			Textura do solo			Textura do solo			Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
2	2 x dia	1	1	1	2	3	1	3	5	—	—	—
3	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	2	1	2	3	1	3	4
4	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	3
5	3 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	2	2 x dia	1	2
6	4 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2
7	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	2 x dia	1	1
8	—	—	—	4 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
9	—	—	—	4 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
10	—	—	—	4 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	3 x dia	2 x dia	1
11	—	—	—	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	3 x dia	2 x dia	1
12	—	—	—	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1

  

Irrigação por sulco												
Profundidade efetiva de raízes (cm)												
ETc (mm/dia)	10			20			30			40		
	Textura do solo			Textura do solo			Textura do solo			Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
2	—	4	5	—	7	10	—	—	—	—	—	—
3	—	3	3	—	4	7	—	7	10	—	9	13
4	—	2	3	—	3	5	—	5	8	—	7	10
5	—	2	2	—	3	4	—	4	6	—	6	8
6	—	1	2	—	2	3	—	4	5	—	5	6
7	—	1	2	—	2	3	—	3	4	—	4	5
8	—	—	—	—	2	2	—	3	4	—	3	5
9	—	—	—	—	1	2	—	3	3	—	3	4
10	—	—	—	—	1	2	—	2	3	—	3	4
11	—	—	—	—	1	2	—	2	3	—	2	3
12	—	—	—	—	1	1	—	2	2	—	2	3

Obs.1: Textura grossa: areia, areia franca, franco arenoso.

Textura média: franco, franco siltoso, franco argilo-arenoso, silte.

Textura fina: franco argilo-siltoso, franco argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso.

Obs.2: Não irrigar por sulco em solos de textura grossa.

Fonte: elaboração pelos autores do capítulo.



Portanto, a lixiviação mínima requerida, dada pela média de LR fornecida pelas duas equações, é de  $LR = 0,01$ .

**Passo 8** – determinar o volume total de água a ser aplicado por irrigação para cada estágio de desenvolvimento pela equação 7.

#### Equação 7

$$Vt = 10 \times \frac{ETc \times TR \times Ai}{Eu \times E'}$$

Em que:

$Vt$  = volume total de água a ser aplicado por irrigação ( $m^3$ ).

$TR$  = turno de rega (dia).

$Ai$  = área irrigada por vez (ha).

$E' = Es$ , se  $Es > (1 - LR)$  ou  $E' = (1 - LR)$ , se  $Es < (1 - LR)$ .

Conforme computado anteriormente,  $Es = 0,90$  e  $LR = 0,01$ , ou seja,  $Es > (1 - LR)$  e desta forma  $E' = Es = 0,90$ . Assim, para uma área irrigada de  $Ai = 2$  ha,  $ETc = 6,7$  mm/dia,  $TR = 0,5$  dia,  $Eu = 0,90$  e  $E' = 0,90$ , o volume de água a ser aplicado por irrigação é de:

$$Vt = 10 \times \frac{6,7 \text{ mm/dia} \times 0,5 \text{ dia} \times 2 \text{ ha}}{0,90 \times 0,90} = 83 \text{ m}^3$$

**Passo 9** – calcular o tempo de irrigação para aplicação do volume de água necessário, pela equação 8.

#### Equação 8

$$Ti = 6 \times \frac{Vt \times SI \times Sg}{Ai \times Vg}$$

Em que:

$Ti$  = tempo de irrigação (min).

$SI$  = espaçamento entre laterais (m).

$Sg$  = espaçamento entre emissores (m).

$Ai$  = área irrigada (ha).

$Vg$  = vazão do gotejador (L/h).

Considerando um espaçamento entre as linhas laterais de 2,0 m, espaçamento entre gotejadores de 0,30 m e vazão de gotejador de 2 L/h, o tempo de cada irrigação, após a completa pressurização do sistema, é de:

$$Ti = 6 \times \frac{83 \text{ m}^3 \times 2,0 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}}{2 \text{ ha} \times 2,0 \text{ L/h}} = 75 \text{ min}$$

Exemplo de cálculo para sulco: deseja-se determinar o turno de rega e o tempo de irrigação para a seguinte condição:

- Local: Juazeiro/BA.
- Solo: textura fina.
- Período: dezembro.
- Temperatura média do ar: 28°C.
- Umidade relativa média do ar: 55%.
- Estádio: floração.
- Condutividade elétrica da água - CEa: 0,06 dS/m.

**Passo 1** – calcular  $ETo$  como recomendado no “passo 1” de “Irrigação por gotejamento”.

Pela Tabela 15, para a temperatura de 28°C e umidade relativa de 55%, obtém-se  $ETo = 7,6$  mm/dia.

**Passo 2** – determinar, pela Tabela 16, o coeficiente de cultura ( $Kc$ ) para cada estágio de desenvolvimento.

Pela Tabela 16, para o estágio vegetativo e irrigação por sulco, tem-se  $Kc = 0,75$ .

**Passo 3** – determinar a evapotranspiração da cultura ( $ETc$ ) para cada estágio de desenvolvimento utilizando a equação 5:

Pela equação 5, para  $Kc = 0,75$  e  $ETo = 7,6$  mm/dia, tem-se:

$$ETc = 0,75 \times 7,6 \text{ mm/dia} = 5,7 \text{ mm/dia}$$

**Passo 4** – determinar a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura ( $Z$ ) para cada estágio de desenvolvimento.

Pela Tabela 16 a profundidade efetiva durante o estágio de florescimento varia



entre 25 e 40 cm. Para fins deste exemplo, a profundidade considerada será de  $Z = 30$  cm.

**Passo 5** – determinar pela Tabela 17 o turno de rega para cada estágio da cultura, em função da evapotranspiração da cultura, da profundidade efetiva do sistema radicular e da textura do solo.

Pela Tabela 17, para  $ET_c = 5,7$  mm/dia,  $Z = 30$  cm, solo de textura fina e irrigação por sulco, o turno de rega recomendado na fase de floração no mês de dezembro, obtido por interpolação linear, é de  $TR = 5$  dias.

**Passo 6** – determinar a necessidade de lixiviação para salinidade pela equação 2. Desprezar o valor de  $LR$  caso este seja menor que 0,01.

Pela equação 2, a fração de lixiviação necessária para a obtenção de produtividade máxima ( $CE_e = 2,2$  dS/m) e água de irrigação com condutividade elétrica  $CE_a = 0,06$  dS/m é de:

$$LR = \frac{0,06 \text{ dS/m}}{5 \times 2,2 \text{ dS/m} - 0,06 \text{ dS/m}} = 0,00$$

**Passo 7** – determinar a lâmina de água real necessária por irrigação pela equação 9.

#### Equação 9

$$LRN = \frac{TR \times ET_c}{1 - LR}$$

Em que:

$LRN$  = lâmina de água real necessária por irrigação (mm).

Para  $TR = 5$  dias,  $ET_c = 5,7$  mm/dia e  $LR = 0$  obtém-se pela equação 9:

**Passo 8** – calcular o tempo de irri-

$$LRN = \frac{5 \text{ dias} \times 5,7 \text{ mm/dia}}{1 - 0} = 28,5 \text{ mm}$$

gação para aplicação da lâmina real de água necessária. Vários fatores podem afetar o tempo de irrigação no sistema por sulco. Dentre estes, a velocidade de

infiltração básica de água no solo é, sem dúvida, o mais significativo. Por serem altamente variáveis, tais valores devem ser determinados na área a ser irrigada. Valores típicos de infiltração para solos de textura fina variam entre 0,06 e 0,30 L/min/m, para textura média entre 0,30 e 0,60 L/min/m e para textura grossa entre 0,60 e 1,80 L/min/m.

O tempo em que a água deve permanecer no sulco após chegar ao seu final, ou seja, o tempo de oportunidade para aplicar a lâmina de irrigação real necessária é determinado pela equação 10.

#### Equação 10

$$T_o = \frac{E_s \times LRN}{60 \times V_{ib}}$$

Em que:

$T_o$  = tempo de oportunidade (min).

$E_s$  = espaçamento entre sulcos (m).

$V_{ib}$  = velocidade de infiltração básica (L/min/m de sulco).

O tempo total de irrigação é dado pela soma do tempo necessário para a água atingir o final do sulco e do tempo de oportunidade (equação 11).

#### Equação 11

$$T_i = T_a + T_o$$

Em que:

$T_a$  = tempo de avanço (min).

Considerando o espaçamento entre sulcos de 2,0 m e solo com velocidade de infiltração básica de 0,12 L/s/m, pela equação 10, tem-se que o tempo de oportunidade para aplicar uma lâmina de 28,5 mm é de:

$$T_o = \frac{2 \text{ m} \times 28,5 \text{ mm}}{0,12 \text{ L/min/m}} = 475 \text{ min}$$



Considerando sulcos com comprimento tal que o tempo de avanço seja  $T_a = 100$  min, o tempo total de irrigação, dado pela equação 11, será de:

$$T_i = 100 \text{ min} + 475 \text{ min} = 575 \text{ min}$$

### Adequação do tempo de irrigação

Variações climáticas bruscas ou ocorrência de chuvas afetam a necessidade de irrigação. Desta forma, a quantidade de água a ser aplicada por irrigação calculada previamente, em função dos dados históricos médios, deve ser ajustada. Por exemplo, para períodos em que as condições climáticas são muito mais amenas que a normal histórica, ou seja, baixa temperatura e alta umidade relativa do ar, a evapotranspiração da cultura pode ser reduzida em mais de 50%. Caso ocorram chuvas acima de 5 mm no período entre duas irrigações consecutivas, a data da próxima irrigação deve ser prorrogada ou a quantidade de água aplicada reduzida.

O ajuste no tempo de irrigação pode ser feito recalculando-se a evapotranspiração da cultura, considerando as condições climáticas (temperatura e umidade relativa) para o período específico. Tal ajuste deve ser realizado apenas para períodos em que as condições climáticas sejam bastante diferentes das condições climáticas normais históricas. Pequenas variações climáticas não devem ser consideradas, devendo ser aplicada a quantidade de água calculada a partir dos dados climáticos históricos.

Exemplo: na segunda semana do mês de setembro, o agricultor do exemplo apresentado para gotejamento, percebeu que a temperatura média do ar estava 4°C acima do valor histórico de 28°C e a umidade relativa 5% abaixo do valor histórico de 60%.

**Passo 1** – pela Tabela 15, para a temperatura de 32°C e umidade relativa de 55%, obtêm-se  $E_{To} = 8,8$  mm/dia.

**Passo 2** –  $K_c = 1,00$ .

**Passo 3** – pela equação 5 tem-se  $E_{Tc} = 1,00 \times 8,8 \text{ mm/dia} = 8,8 \text{ mm/dia}$ .

**Passo 4** –  $Z = 30$  cm.

**Passo 5** – pela Tabela 17, para  $E_{Tc} = 8,8$  mm/dia,  $Z = 30$  cm, solo de textura grossa e irrigação por gotejamento, o turno de rega recomendado na fase de frutificação é de  $TR = 3$  vezes por dia = 0,33 dia.

**Passo 6** –  $E_u = 0,90$  e  $E_s = 0,90$ .

**Passo 7** –  $LR = 0,01$ .

**Passo 8** – pela equação 7 para uma área irrigada de 2 ha, o volume de água a ser aplicado por irrigação é de:

$$V_t = 10 \times \frac{8,8 \text{ mm/dia} \times 0,33 \text{ dia} \times 2 \text{ ha}}{0,90 \times 0,90} = 72 \text{ m}^3$$

**Passo 9** – pela equação 8 para espaçamento entre as linhas laterais de 2,0 m, espaçamento entre gotejadores de 0,30 m e vazão de gotejador de 2,0 L/h, tem-se:

$$T_i = 6 \times \frac{72 \text{ m}^3 \times 2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}}{2 \text{ ha} \times 2,0 \text{ L/h}} = 65 \text{ min}$$

Portanto, para esta nova condição climática, o tempo de cada irrigação deverá passar de 75 min e 2 irrigações por dia para 65 min e 3 irrigações por dia. Retornar ao tempo de irrigação de 75 min e 2 irrigações por dia quando o clima voltar às condições normais.

### Método do tanque classe A com turno de rega fixo

A precisão do “método do turno de rega simplificado” pode ser sensivelmente melhorada calculando-se a  $E_{To}$  em tempo real, e não com base em dados climáticos históricos. Neste método, o turno de rega é computado utilizando-se a Tabela 17, como no método anterior. A adoção de um turno de rega fixo, para cada estágio de desenvolvimento da cultura, é conveniente para fins de controle da irri-



gação, uma vez que facilita a programação das irrigações, de pulverizações e outros tratamentos culturais. Todavia, esta maior praticidade pode se dar em detrimento da eficiência no uso da água. Isto ocorre porque a retenção de água do solo a ser irrigado pode diferir daquela utilizada para elaborar a Tabela 17, fazendo com que as plantas possam sofrer com a falta de água, mesmo se for aplicada a lâmina total evapotranspirada no período. No caso da irrigação por gotejamento, este problema é minimizado em razão do turno de rega adotado ser frequentemente inferior a 2 dias.

O tanque classe A é um dos métodos mais práticos para determinar a ETo em tempo real. Utilizando coeficientes empíricos, a ETo é estimada a partir da evaporação do tanque classe A por meio da equação 12.

#### Equação 12

$$ETo = Kp \times Eca$$

Em que:

Kp = coeficiente de tanque  
(adimensional).

Eca = evaporação do tanque classe A  
(mm/dia).

Valores de Kp podem ser determinados a partir da Tabela 18, sendo função da velocidade do vento, umidade relativa do ar e tamanho da bordadura.

O tanque classe A consiste de um recipiente circular de aço inoxidável ou ferro galvanizado, com 121 cm de diâmetro interno e 25,5 cm de profundidade, instalado sobre um estrado de madeira de 15 cm de altura. O nível da água deve ser mantido no tanque de tal modo que o máximo fique a 5 cm da borda superior e o mínimo não seja inferior a 7,5 cm. A evaporação é medida diariamente com auxílio de um micrômetro de gancho dentro de um poço tranquilizador, sempre pela manhã (8 – 9h).

Para evitar que animais bebam a água do tanque e, assim, ocasionar erros na estimativa da evaporação, deve-se cercar uma área de aproximadamente 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m) ao redor do tanque com uma tela de arame fino e de malhagrande. A colocação da tela diretamente sobre o tanque altera a taxa de evaporação, restringindo a utilização dos valores de Kp apresentados na Tabela 18.

**Tabela 18. Coeficiente Kp para o Tanque Classe A.**

Tanque circundado por grama ou tomateiro						
Umidade relativa (%)						
Vento (m/s)	Baixa <40%		Média 40-70%		Alta >70%	
	R (m)*		R (m)*		R (m)*	
	10	100	10	100	10	100
Leve (<2)	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,85
Moderado (2-5)	0,60	0,65	0,70	0,75	0,75	0,80
Forte (5-8)	0,55	0,60	0,60	0,65	0,65	0,75
Tanque circundado por solo nu						
Umidade relativa (%)						
Vento (m/s)	Baixa <40%		Média 40-70%		Alta >70%	
	R (m)*		R (m)*		R (m)*	
	10	100	10	100	10	100
Leve (<2)	0,60	0,55	0,70	0,65	0,80	0,75
Moderado (2-5)	0,55	0,50	0,65	0,60	0,70	0,65
Forte (5-8)	0,50	0,45	0,55	0,50	0,65	0,60

\* R: posição do tanque - menor distância do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).  
Fonte: Doorenbos & Pruitt (1977).



### Procedimento para gotejamento

**Passo 1** – determinar diariamente a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método do tanque classe A.

**Passos 2 a 7** – seguir os mesmos passos do método do “Turno de rega simplificado” para gotejamento.

**Passo 8** – determinar o volume total de água a ser aplicado por irrigação em cada estágio de desenvolvimento pela equação 13.

#### Equação 13

$$V_t = 10 \times \frac{A_i \times \sum_{i=1}^n ET_c}{E_u \times E'}$$

Em que:

n = número de dias entre irrigações consecutivas (i ≥ 1 dia).

No caso de mais de uma irrigação por dia, calcular V<sub>t</sub> para um dia, para então dividir o valor calculado pelo número de irrigações a serem realizadas por dia e determinar o volume de água a ser aplicado por irrigação.

**Passo 9** – calcular o tempo de irrigação pela equação 8.

### Procedimento para sulco

**Passo 1** – determinar diariamente a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método do Tanque Classe A.

**Passos 2 a 6** – seguir os mesmos passos do método do “Turno de rega simplificado” para sulco.

**Passo 7** – determinar a lâmina de água real necessária por irrigação:

**Passo 8** – calcular o tempo de irrigação pelas equações 7 e 8.

#### Equação 14

$$LRN = \frac{\sum_{i=1}^n ET_{ci}}{1 - LR}$$

### Método do tanque classe a com a com turno de rega variável

No manejo da irrigação, pode ser alcançada melhor precisão por meio do uso de tensiômetros para indicação do momento correto de realizar as irrigações. Tensiômetros são equipamentos compostos de cápsula porosa, tubo, manômetro e tampa, que medem a tensão (força) com que a água é retida pelo solo, a qual afeta diretamente a absorção de água pelas plantas. São disponíveis com manômetro tipo Bourdon ou de mercúrio. Os do tipo Bourdon são de mais fácil instalação e manutenção, e mais seguros do ponto de vista ambiental.

Para irrigação por gotejamento, as irrigações devem ser realizadas sempre que a tensão de água no solo estiver entre 10 e 15 kPa para solos de textura grossa, 15 e 20 kPa para aqueles de textura média e 20 e 25 kPa para os de textura fina. Para irrigação por sulco, deve-se adotar uma tensão crítica entre 40 e 60 kPa. A lâmina de água a ser aplicada por irrigação é computada seguindo os mesmos passos apresentados no método “Tanque classe A com turno de rega fixo”.

Os sensores devem ser instalados na região de maior densidade radicular, entre 10 e 25 cm de profundidade e distanciado de 15 a 20 cm do colo da planta e do gotejador. Devem ser colocados de 1 a 2 sensores em, pelo menos, 3 pontos representativos da área.



# 10 FERTIRRIGAÇÃO

*Waldir A. Marouelli*

*José Maria Pinto*

*Henoque Ribeiro da Silva*

*José Francismar de Medeiros*

## INTRODUÇÃO

Fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes nas plantas por meio da água de irrigação, o qual se adapta aos sistemas por aspersão e por microirrigação, especialmente o gotejamento. Não é recomendado, todavia, para sistemas por sulco ou qualquer outro com eficiência de irrigação inferior a 70%.

A fertirrigação na cultura do melão pode induzir incrementos significativos tanto na produtividade quanto na qualidade de frutos, sobretudo quando é praticada via gotejamento. Em termos práticos, o gotejamento sem aplicação de fertilizantes via água de irrigação é pouco eficiente, resultando em pequeno incremento na produtividade.

As principais razões para o uso da fertirrigação são o menor custo de aplicação e maior eficiência quanto à absorção de nutrientes pelas plantas. Por permitir que os nutrientes sejam fornecidos de forma parcelada, de acordo com a necessidade da cultura, a fertilidade do solo pode ser mantida num nível próximo do ótimo durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, possibilitando máxima absorção pelas plantas.

Os nutrientes mais utilizados na fertirrigação são aqueles com maior mobilidade no solo, como o potássio e, principalmente, o nitrogênio. O fósforo e os micronutrientes são em geral aplicados em adubação de plantio. A eficiência do nitrogênio, por exemplo, é maior quando aplicado via água de irri-

gação do que convencionalmente. A prática da fertirrigação ainda possibilita alocação do fertilizante de modo preciso, diretamente na zona radicular da cultura, minimizando a volatilização de nitrogênio, por exemplo, enquanto o parcelamento maximiza a absorção pelas raízes e minimiza a lixiviação de nutrientes.

É preciso ter em mente que o sucesso da fertirrigação depende do bom planejamento e execução da irrigação. Irrigação em excesso pode incrementar acentuadas perdas de nutrientes, principalmente de nitrogênio, por causa da movimentação com a água de irrigação, o que pode contaminar os aquíferos subterrâneos e superficiais.

## COMPONENTES DO SISTEMA

Um sistema básico de fertirrigação é composto de dispositivo de injeção, tanque de solução e bico injetor. Os componentes devem ser de materiais que não sofram ação corrosiva dos fertilizantes em uso no sistema. Dentre os materiais recomendados, destacam-se o cloreto de polivinil (PVC), polipropileno, polietileno, teflon, viton, nylon, etil-vinil-acetato (EVA) e aço inoxidável. Deve-se evitar a utilização de componentes contendo neopreno, borracha de butadieno e estireno, ferro galvanizado, latão, alumínio e bronze.